

**No English title available .**

Patent Number: DE10110048  
Publication date: 2002-09-05  
Inventor(s): KADEN THOMAS (DE); REINHOLD MANFRED (DE)  
Applicant(s): BOSCH GMBH ROBERT (DE)  
Requested Patent: ☐ DE10110048  
Application Number: DE20011010048 20010302  
Priority Number(s): DE20011010048 20010302  
IPC Classification: G01N19/08; G01R19/00  
EC Classification: B23K20/10  
Equivalents: ☐ WO02070185

---

**Abstract**

---

The invention relates to a method for inspecting connections produced by ultrasonic wire bonds according to which the temporal course of the wire deformation (b) and the temporal course of the bond wedge amplitude (a) are determined and evaluated as bond parameters during the bonding process. By comparing these parameters with preset and stored master values (A1-A4; C1-C4), the strength of the connection is determined as a decisive quantity for the quality of the bond. In particular, for conducting on-line monitoring of thin wire connections having a wire diameter of roughly less than 125  $\mu\text{m}$ , the master values are composed both of values of two master curve courses (A, C) themselves as well as of integral values (A4, C4) with regard to the respective curve course. During the bonding process of a respective connection production, the course of each bond parameter curve (a, b) is scanned at least twice in order to generate corresponding individual values therefrom for comparison with the master curve courses as well as to generate values for forming the integral values.

---

Data supplied from the esp@cenet database - I2

AH



19 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

12 Offenlegungsschrift  
10 DE 101 10 048 A 1

61 Int. Cl.7:  
G 01 N 19/08  
G 01 R 19/00

AH

21 Aktenzeichen: 101 10 048.5  
22 Anmeldetag: 2. 3. 2001  
43 Offenlegungstag: 5. 9. 2002

DE 101 10 048 A 1

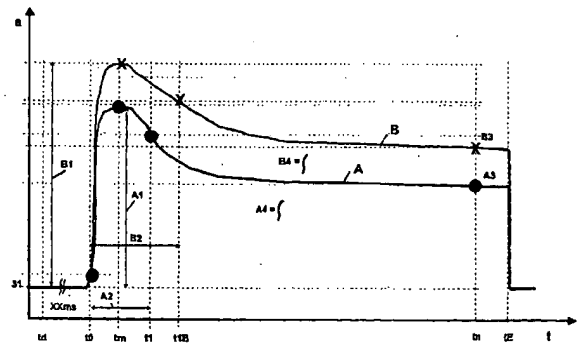
71 Anmelder:  
Robert Bosch GmbH, 70469 Stuttgart, DE

72 Erfinder:  
Reinhold, Manfred, 71701 Schwieberdingen, DE;  
Kaden, Thomas, 71701 Schwieberdingen, DE

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

54 Verfahren zum Prüfen von durch Ultraschall-Drahtbonden hergestellten Verbindungen

57 Die Erfindung beschreibt ein Verfahren zum Prüfen von durch Ultraschall-Drahtbonden hergestellten Verbindungen, bei welchem als Bondparameter während des Bondvorganges der zeitliche Verlauf der Drahtdeformation (b) und der zeitliche Verlauf der Bondkeilamplitude (a) ermittelt und ausgewertet wird. Durch Vergleich mit vorgegebenen und gespeicherten Masterwerten (A1-A4; C1-C4) wird die Festigkeit der Verbindung als maßgebende Größe für die Bondgüte ermittelt. Insbesondere Online-Überwachung von Dünn Drahtverbindungen mit einem Drahtdurchmesser von in etwa  $< 125 \mu\text{m}$ , sind die Masterwerte sowohl aus Werten zweier Masterkurvenverläufe (A, C) selbst als auch aus Integralwerten (A4, C4) in Bezug auf den jeweiligen Kurvenverlauf zusammengesetzt. Im Verlauf des Bondvorganges einer jeweiligen Verbindungsherstellung wird der Verlauf jeder Bondparameterkurve (a, b) zumindest zweimal abgetastet, um daraus entsprechende Einzelwerte zum Vergleich mit den Masterkurvenverläufen als auch Werte zur Bildung der Integralwerte zu generieren.



DE 101 10 048 A 1

## Beschreibung

## Stand der Technik

[0001] Die Erfindung geht aus von einem Verfahren zum Prüfen von durch Ultraschall-Drahtbonden hergestellten Verbindungen, der im Oberbegriff des Anspruchs 1 definierter Gattung.

[0002] Aus der DE 44 47 073 C1 ist ein gattungsgemäßes Verfahren zum Prüfen von durch Ultraschall-Drahtbonden hergestellten Verbindungen bekannt, bei dem die Festigkeit der Verbindung als maßgebende Größe für die Bondgüte ermittelt wird. Als für die Festigkeit der Verbindung maßgebende Parameter werden als Bondprozessgrößen die Geschwindigkeit bzw. der zeitliche Verlauf der Drahtdeformation und der zeitliche Verlauf der Bondkeilamplitude während des Bondvorganges erfasst und durch Vergleich mit gespeicherten Daten, die einem vorgegebenen Qualitätsstandard entsprechen, bewertet. Auf diese Weise ist es möglich, jede einzelne Verbindung ohne zusätzlichen Zeitaufwand störungsfrei auf Festigkeit zu prüfen.

[0003] Bei diesem bekannten Verfahren werden in der praktischen Ausführung zu zwei Zeitpunkten nach Beginn des Bondvorganges Messwerte aus dem aktuellen Verlauf der Bondkeilamplitude und der Drahtdeformationskurve ermittelt und mit den zugeordneten Daten der jeweiligen Masterkurve verglichen. Aus diesem Vergleich wird auf die Güte geschlossen. Es hat sich in der Praxis herausgestellt, dass dieses Verfahren nicht in allen Einsatzgebieten zu ausreichend zufriedenstellenden Ergebnissen führt.

## Vorteile der Erfindung

[0004] Das erfindungsgemäße Verfahren zum Prüfen von durch Ultraschall-Drahtbonden hergestellten Verbindungen, mit den kennzeichnenden Merkmalen des Anspruchs 1 hat gegenüber dem Stand der Technik den Vorteil, dass es wesentlich verbesserte und zuverlässigere Auswertungsergebnisse liefert und dadurch auch bei schwierigeren Einsatzgebieten, wie insbesondere beim Bonden von dünnen Drähten mit einem Drahtdurchmesser von weniger als 125 µm, mit Vorteil einsetzbar ist. Darüber hinaus arbeitet das erfindungsgemäße Verfahren schneller und mit mehr sowie teilweise andersartigen Messwerten. Mit dem erfindungsgemäßen Verfahren lassen sich auch Aussagen hinsichtlich Verunreinigungen der Kontaktflächen, Schwankungen im Zustand des Substrats und Verschleiß des Bondwerkzeuges treffen.

[0005] Gemäß der Erfindung wird dies prinzipiell dadurch erreicht, dass insbesondere zur Online-Überwachung von Dünndrahtverbindungen mit einem Drahtdurchmesser von in etwa < 125 µm, zum einen zur Festlegung der Masterwerte und zweier Masterkurvenverläufe bis zu n Masterbondungen durchgeführt werden, wobei während jeder einzelnen Masterbondung der zeitliche Verlauf der Drahtdeformation und der zeitliche Verlauf der Bondkeilamplitude ermittelt und ausgewertet wird, um daraus die Masterwerte zu bestimmen sowie die beiden Masterkurvenverläufe selbst festzulegen, des Weiteren für jeden einzelnen Masterwert Grenzwerte in positiver und negativer Richtung festgelegt werden, zum anderen bei der on-line-Überwachung für jede einzelne Bondverbindung der Kurvenverlauf der Drahtdeformation und der Bondkeilamplitude aufgenommen wird und durch Vergleich überprüft wird, ob die den Masterwerten entsprechenden tatsächlichen Werte im Toleranzbereich der einzelnen zugeordneten Masterwerte liegen.

[0006] Durch die in den jeweils abhängigen Ansprüchen niedergelegten Maßnahmen sind vorteilhafte Ausgestaltungen, Weiterbildungen und Verbesserungen des im Anspruch

1 angegebenen Verfahrens möglich.

[0007] Entsprechend einer ersten vorteilhaften Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens werden bei der Bewertung der Bondprozessgrößen zumindest zwei, vorzugsweise vier, Kenngrößen bzw. Masterwerte für die Drahtdeformation und zumindest zwei, vorzugsweise vier, Kenngrößen bzw. Masterwerte für die Bondkeilamplitude verwendet.

[0008] Entsprechend einer zweiten vorteilhaften Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens ist als einer der Messwerte ein Integralwert der Bondkeilamplitude in Form des Gesamtintegrals vom Beginn bis zu einem bestimmten Zeitpunkt, insbesondere kurz vor dem Ende, des Bondvorganges vorgesehen.

[0009] Entsprechend einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens ist als einer der Messwerte ein Integralwert der Drahtdeformation in Form des Gesamtintegrals der Abnahme der Drahtdicke vom Beginn bis zu einem bestimmten Zeitpunkt, insbesondere kurz vor dem Ende, des Bondvorganges vorgesehen.

[0010] Entsprechend einer sehr vorteilhaften und zweckmäßigen Weiterbildung dieser Ausgestaltungen des erfindungsgemäßen Verfahrens werden als Einzelwerte der Bondkeilamplitude (a) als erster Wert der Maximalwert, als zweiter Wert der Wert eines definierten prozentualen Abfalls vom Maximalwert des abfallenden Kurvenastes der Bondkeilamplitude und als dritter Wert der Wert zu einem definierten Zeitpunkt, insbesondere kurz vor dem Ende, des Bondvorganges ermittelt. In besonders zweckmäßiger Ausgestaltung dieser Weiterbildung kann zum Auswerten der zeitliche Abstand zwischen Beginn des Bondvorganges und dem Wert des definierten prozentualen Abfalls vom Maximalwert des abfallenden Kurvenastes der Bondkeilamplitudenkurve als zweiter Wert der Kenngrößen bzw. Masterwerte ermittelt wird.

[0011] Gemäß einer vorteilhaften Weiterbildung des erfindungsgemäßen Verfahrens werden als Einzelwerte der Drahtdeformation (b) als erster Wert der Wert zum Zeitpunkt des Maximalwerts der Bondkeilamplitude, als zweiter Wert der Wert zum Zeitpunkt des definierten prozentualen Abfalls vom Maximalwert des abfallenden Kurvenastes der Bondkeilamplitude und als dritter Wert der Wert zu einem definierten Zeitpunkt, insbesondere kurz vor dem Ende, des Bondvorganges ermittelt.

[0012] Entsprechend einer weiteren sehr vorteilhaften und zweckmäßigen Weiterbildung des erfindungsgemäßen Verfahrens erfolgt die Auswertung der ermittelten Messwerte der Prozesskurven zusätzlich auch im Hinblick auf Verunreinigungen der Kontaktflächen, auf Schwankungen im Zustand des Substrats und auf Verschleiß des Bondwerkzeuges hin.

[0013] In vorteilhafter Fortbildung des erfindungsgemäßen Verfahrens ist vorgesehen, dass bei Auftreten von Abweichungen vom vorgegebenen Qualitätsstandard ein Signal zur Ausscheidung des entsprechenden Bauteils erzeugt wird, oder dass hinweisende Signale zur Einleitung von Reinigungsprozessen oder zur Zuführung neuer Substrate oder zum Wechsel des Bondwerkzeuges generiert werden.

[0014] Entsprechend weiterer vorteilhaften Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens wird der Verlauf der Drahtdeformation während des Bondvorganges durch einen berührungslos arbeitenden Sensor erfasst. In Weiterbildung des erfindungsgemäßen Verfahrens wird die Bondkeilamplitude in zweckmäßiger Weise durch Erfassen der Stromaufnahme der Ultraschallvorrichtung ermittelt.

[0015] Die Erfindung wird anhand des in der Zeichnung dargestellten Ausführungsbeispiels in der nachfolgenden Beschreibung näher erläutert. Es zeigen

[0016] Fig. 1 schematisch die im vorliegenden Zusammenhang interessierenden Teile einer Keil-Keil-Bondschweißvorrichtung;

[0017] Fig. 2 schematisch den Schwingungsverlauf im Bondkeilwerkzeug entsprechend Fig. 1;

[0018] Fig. 3 schematisch den in Vorversuchen für einen bestimmten Anwendungsfall ermittelten zeitlichen Verlauf der auf den Draht übertragenen Bondkeilamplitude, sowohl für saubere als auch für verunreinigte Kontaktflächen am Draht und auf dem Substrat, und

[0019] Fig. 4 schematisch den in Vorversuchen für einen bestimmten Anwendungsfall ermittelten zeitlichen Verlauf der Drahtdeformation, sowohl für saubere als auch für verunreinigte Kontaktflächen am Draht und auf dem Substrat.

#### Beschreibung des Ausführungsbeispiels

[0020] Die in Fig. 1 dargestellte Bondschweißvorrichtung hat eine feste Auflage 10 für ein Substrat 12, an welches ein Draht 14 durch Bonden angeschweißt werden soll. Dazu dient ein Bondkeilwerkzeug 16, welches in üblicher Weise ausgebildet ist und mit dem Draht 14 zusammenwirkt. Das Bondkeilwerkzeug 16 wird beim Bondprozess durch eine Kraft P gegen das Ende des anzuschließenden Drahtes 14 und das Substrat 12 gedrückt. Außerdem überträgt eine nicht dargestellte Ultraschallvorrichtung eine Schwingungsenergie E auf das Bondkeilwerkzeug 16. Der Amplitudenverlauf der Schwingungsenergie ist in Fig. 2 dargestellt.

[0021] Die Kraft P und die Schwingungsenergie E sind so bemessen, dass bei sauberen Kontaktflächen an Draht 14 und Substrat 12 die Zugfestigkeit der Verbindung zwischen Draht 14 und Substrat 12 einen vorgegebenen Wert erreicht oder überschreitet. Wie in Fig. 2 dargestellt, ist die Eingangsamplitude  $a_1$  der Schwingungsenergie E größer als die auf den Draht 14 übertragene Ausgangsamplitude  $a_2$ . Dieser durch die Reibung zwischen Draht 14, Substrat 12 und Bondkeilwerkzeug 16 hervorgerufene Dämpfungseffekt ist um so kleiner, je stärker die Kontaktflächen von Draht 14 und Substrat 12 durch Handschweiß, Öl oder dergleichen verunreinigt sind. Dieser Umstand wird dazu ausgenutzt, um während des Bondprozesses die Ausgangsamplitude  $a_2$  abzufragen und zu bewerten.

[0022] Durch Vorversuche, die jeweils auf einen bestimmten Anwendungsfall abgestimmt sind, werden zu diesem Zweck die Größen bzw. die zeitlichen Verläufe der Ausgangsamplitude  $a_2$  für saubere und verunreinigte Kontaktflächen ermittelt. Dabei ergeben sich die in Fig. 3 dargestellten Kurve A für saubere und Kurve B für verunreinigte Kontaktflächen. Die Kurve A wird als Masterkurve angesehen und die zugehörigen Werte werden abgespeichert. Während des Bondprozesses, der mit dem Zeitpunkt  $t_0$  beginnt, werden aktuelle Werte dieser Größe, nämlich der Bondkeilamplitudenkurve a als Bondprozessgröße abgetastet und mit entsprechenden Werten der Masterkurve verglichen. Bei der Auswertung wird on-line entschieden, ob die aktuell ermittelten Werte im vorgegebenen Toleranzbereich zur Masterkurve A liegen oder nicht.

[0023] Bei den jeweils auf einen bestimmten Anwendungsfall abgestimmten Vorversuchen wird auch die Geschwindigkeit bzw. der zeitliche Verlauf der Drahtdeformation b als ein weiterer Parameter für die Festigkeit bzw. Güte der Bondverbindung als Bondprozessgröße während des Bondprozesses ermittelt. In Fig. 4 ist über der Zeit t der Ab-

stand b aufgetragen, welchen die Arbeitsfläche des Bondkeilwerkzeuges 16 zu einer Bezugsebene an der Auflage 10 bzw. dem Substrat 12 einnimmt. Bei sauberen Kontaktflächen ergibt sich ein Deformationsverlauf entsprechend der

5 Kurve C, bei verunreinigten Kontaktflächen stellt sich ein verlangsamter Verlauf entsprechend Kurve D ein, welcher nicht tolerabel ist. Während des Bondprozesses, der mit dem Zeitpunkt  $t_0$  beginnt, werden aktuelle Werte dieser Größe, nämlich der Drahtdeformation b als Bondprozessgröße abgetastet und mit entsprechenden Werten der Masterkurve verglichen. Bei der Auswertung wird on-line entschieden, ob die aktuell ermittelten Werte im vorgegebenen Toleranzbereich zur Masterkurve C liegen oder nicht.

[0024] Entsprechend vorliegender Erfindung werden als 15 Daten für die Masterkurven A und C die Masterwerten aus bestimmten Werten zweier Masterkurvenverläufe selbst als auch aus Integralwerten in Bezug auf den jeweiligen Kurvenverlauf zusammengesetzt und in Vorversuchen ermittelt und abgespeichert. Das Überwachungsprinzip besteht darin, dass zum einen zur Festlegung der Masterwerte und der

20 zwei Masterkurvenverläufe A und C bis zu n Masterbondungen durchgeführt werden, wobei während jeder einzelnen Masterbondung der zeitliche Verlauf der Drahtdeformation b und der zeitliche Verlauf der Bondkeilamplitude a ermittelt und ausgewertet wird, um daraus die Masterwerte  $A_1 - A_4$ ,  $A_n$  bzw.  $C_1 - C_4$ ,  $C_n$  zu bestimmen sowie die beiden Masterkurvenverläufe A und C selbst festzulegen. Die Masterwerte und die Masterkurvenverläufe werden also aus einer Vielzahl von Messungen letztlich aus ermittelten Mittel- oder Durchschnittswerten bestimmt. Es werden des Weiteren für jeden einzelnen Masterwert  $A_1 - A_4$ , allgemein  $A_n$ , bzw.  $C_1 - C_4$ , allgemein  $C_n$ , Grenzwerte in positiver und negativer Richtung festgelegt. Zum anderen wird dann bei der on-line-Überwachung für jede einzelne Bondverbin- 35 der der Kurvenverlauf der Drahtdeformation b aufgenommen und es wird daraus ermittelt, ob die den Masterwerten  $A_1 - A_4$ , allgemein  $A_n$ , bzw.  $C_1 - C_4$ , allgemein  $C_n$ , entsprechenden tatsächlichen Werte  $B_1 - B_4$ , allgemein  $B_n$  bzw.  $D_1 - D_4$ , allgemein  $D_n$ , im Toleranzbereich der einzelnen jeweils zugeordneten Masterwerte liegen, d. h. die in positiver und negativer Richtung festgelegten Grenzwerte nicht überschreiten. Im Verlauf des Bondvorganges bzw. des Bondprozesses einer jeweiligen Verbindungsherstellung wird der Verlauf jeder Bondparameterkurve a und b zumindest zweimal abgetastet, um daraus entsprechende Einzel- 45 werte zum Vergleich mit den Masterkurvenverläufen A und C als auch Werte zur Bildung der Integralwerte zu generieren. Diese so aktuell abgetasteten und ermittelten Werte werden in der online vorgenommenen Auswertung mit den zeitlich und artmäßig entsprechenden Masterwerten verglichen und nach verschiedenen Gesichtspunkten hin ausgewertet.

[0025] In Fig. 3 sind an Hand der Bondkeilamplitude a, die über der Zeit t aufgetragen ist und die zweckmäßigerweise durch Erfassen der Stromaufnahme der Ultraschallvorrichtung ermittelt werden kann, beispielhaft vier Werte  $A_1$ ,  $A_2$ ,  $A_3$  und  $A_4$  dargestellt, die als Masterwerte ermittelt und abgespeichert sind. Beim online Abtasten während des Bondprozesses werden diese Werte, die in Fig. 3 beispielhaft an der Kurve B dargestellt sind mit  $B_1 - B_4$  bezeichnet sind, zeitlich und artmäßig in entsprechender Weise zum Vergleich ermittelt und zur Auswertung mit den entsprechend zugehörigen Masterwerten verglichen.

[0026] In Fig. 3 ist mit 31 die Linie bezeichnet, die dem Wert Null der Bondkeilamplitude a entspricht, es wird dem Bondkeilwerkzeug 16 keine Energie zugeführt. Zum Zeitpunkt  $t_0$  wird das Werkzeug 16 mit Energie beaufschlagt und die Bondkeilamplitude a steigt bis zum Zeitpunkt  $t_m$  zum

Maximalwert A1 bzw. B1 an. Wenn die Kurve A um einen bestimmten, prozentualen Wert vom Maximalwert des Peaks abgefallen ist, ist der Zeitpunkt  $t_1$  erreicht. Dieser Abfall kann mit dem Wendepunkt des abfallenden Kurvenastes übereinstimmen und ist in Fig. 3 bei Kurve A mit  $A_w$  bezeichnet. Aus dem dabei auftretenden Zeitwert  $t_1$  und dem Zeitwert  $t_0$  wird durch Differenzbildung der Masterwert A2 ermittelt. Er gibt die Breite des Peaks an. Zum Zeitpunkt  $t_n$ , der insbesondere sehr kurz vor dem Ende des Bondvorganges zum Zeitpunkt  $t_E$  liegt, wird der dann vorhandene Amplitudenwert  $a$  als Masterwert A3 genommen, der weitgehend mit dem Wert am tatsächlichen Ende des Bondprozesses übereinstimmt. Am Ende des Bondvorganges wird zum Zeitpunkt  $t_E$  die Energiezufuhr zum Werkzeug abgeschaltet und erreicht wieder die Linie 31. Die Kurve A stellt die Masterkurve dar. Als weiterer Masterwert A4 wird das Integral unterhalb der Kurve A und oberhalb der Linie 31 vom Zeitpunkt  $t_0$  bei Beginn bis zum Zeitpunkt  $t_n$  bei bzw. kurz vor dem Ende des Bondprozesses gebildet.

[0027] In analoger Weise werden bei der on-line-Überwachung die gleichen Werte ermittelt und mit den entsprechenden Masterwerten verglichen. Als Beispiel dafür sind anhand der Kurve B die Werte B1, B2, Bw,  $t_{1B}$ , B3 und B4 eingetragen.

[0028] Der Bondvorgang selbst kann beispielsweise etwa 35 ms in Anspruch nehmen, wobei der letzte Werte zum Zeitpunkt  $t_n$  kurz vor Ende des Bondvorganges etwa 5 ms vor dem Ende bei  $t_E$  des Bondvorganges gewählt sein kann.

[0029] Der erste Masterwert A1 ist eine Einzelwert entlang der Kurve A und entspricht dem Maximalwert der Bondkeilamplitude  $a$ . Der zweite mit A3 bezeichnete Masterwert ist ein weiterer Einzelwert entlang der Kurve A und wird als der Wert A3 zum Zeitpunkt  $t_n$  zum Ende oder kurz vor dem Ende des Bondvorganges genommen. Des weiteren wird entlang der Kurve A als Einzelwert der Wert eines definierten prozentualen Abfalls vom Maximalwert A1, ermittelt. Der prozentuale Abfall vom Maximalwert ist frei einstellbar und liegt vorzugsweise zwischen 10 und 50%. Im dargestellten Beispiel entspricht dieser Wert dem Wendepunkt  $A_w$  des abfallenden Kurvenastes. Aus diesem Wert  $A_w$  wird der zeitliche Abstand zwischen dem Beginn des Bondvorganges beim Zeitpunkt  $t_0$  und dem Erreichen des besagten Wertes des prozentualen Abfalls, insbesondere des Wendepunktes  $A_w$ , als weiterer Masterwert A2 ermittelt und gespeichert. In analoger Weise wird dieser Wert als aktueller Vergleichswert B2 bestimmt. Der Masterwert A2 kann als Wert für die Breite des den Maximalwert A1 enthaltenen Peaks betrachtet werden. Als zusätzlicher Integralwert wird der Wert A4 ermittelt und zwar der Integralwert der Bondkeilamplitude  $a$  vom Beginn des Bondvorganges an beim Zeitpunkt  $t_0$  bis zum Ende oder kurz vor dem Ende des Bondvorganges beim Zeitpunkt  $t_n$ . Dieser so ermittelte Integralwert ist als Wert A4 eingetragen, wird als Masterwert ermittelt und gespeichert und jeweils dann aktuell erneut als Wert B4 ermittelt und vergleichend ausgewertet.

[0030] In Fig. 4 sind an Hand der Drahtdeformationskurve  $b$ , die über der Zeit  $t$  aufgetragen ist, und die zweckmäßigerweise während des Bondvorganges durch einen nicht dargestellten berührungslos arbeitenden Sensor erfasst wird, beispielhaft vier Werte C1, C2, C3 und C4 dargestellt, die als Masterwerte ermittelt und abgespeichert sind. Beim online Abtasten während des Bondprozesses werden diese Werte, die in Fig. 4 beispielhaft an der Kurve D dargestellt und mit D1 – D4 bezeichnet sind, zeitlich und artmäßig in entsprechender Weise zum Vergleich ermittelt und zur Auswertung mit den entsprechend zugehörigen Masterwerten C1 – C4 verglichen. Der erste Wert C1 ist ein Einzelwert entlang der Kurve C und wird zu dem Zeitpunkt ermittelt, zu

welchem der Maximalwert A1 der Bondkeilamplitude  $a$  gemäß Fig. 3 anliegt. Der zweite Einzelwert entlang der Kurve C ist der Wert C2 zum Zeitpunkt  $t_1$ , zu welchem entsprechend in der Kurve A von Fig. 3 der Wert eines definierten prozentualen Abfalls vom Maximalwert A1, insbesondere der Wendepunkt  $A_w$  des abfallenden Kurvenastes, ermittelt wird. Des weiteren wird entlang der Kurve C als Einzelwert der Wert C3 zum Ende oder kurz vor dem Ende des Bondvorganges zum Zeitpunkt  $t_n$  als Masterwert bzw. als aktueller Vergleichswert ermittelt. Als zusätzlicher Integralwert wird der Wert C4 ermittelt und zwar der Integralwert der Abnahme des Drahtdurchmessers  $b$  vom Beginn des Bondvorganges beim Zeitpunkt  $t_0$  bis zum Ende oder kurz vor dem Ende des Bondvorganges beim Zeitpunkt  $t_n$ . Dieser so ermittelte Integralwert ist der Bereich oberhalb der Kurve C bis zum gestrichelt eingetragenen Ausgangswert 0 und ist als Wert C4 eingetragen, wird als Masterwert ermittelt und gespeichert und jeweils dann beim Bondvorgang aktuell erneut als Wert D4 ermittelt und vergleichend ausgewertet.

[0031] Für die Darstellung in Fig. 4 gelten dieselben Zeitvorgaben wie in Fig. 3. In Fig. 4 ist mit 0 die Linie bezeichnet, die einem noch nicht veränderten Drahtquerschnitt entspricht, es hat noch keine Drahtdeformation  $b$  stattgefunden. Die Drahtdeformation beginnt nach dem Zeitpunkt  $t_0$ , dem Einschaltzeitpunkt der Energiezufuhr zum Werkzeug. Dies ist einige Zeit nach dem Aufsetzen des Werkzeugs auf den Draht, kenntlich gemacht durch den Zeitpunkt  $t_E$  für den Touch Down. Als Masterwerte für die Drahtdeformation  $b$  wird der Wert C1 der Deformation zum Zeitpunkt  $t_m$  des Peakmaximums, der Wert C2 der Drahtdeformation zum Zeitpunkt  $t_1$ , der Wert C3 zum Zeitpunkt  $t_n$  und der Wert D4 als Integralwert des Flächeninhalts oberhalb der Kurve C und unterhalb der Linie 0 zwischen den Zeitpunkten  $t_0$  und  $t_n$  vom Beginn bis zum Ende bzw. kurz vor dem Ende des Bondprozesses ermittelt.

[0032] In analoger Weise werden bei der on-line-Überwachung die gleichen Werte ermittelt und mit den entsprechenden Masterwerten verglichen. Als Beispiel dafür sind anhand der Kurve D die Werte D1, D2,  $t_{1D}$ , D3 und D4 eingetragen.

[0033] Die vorstehend gemäß der Erfindung ausgesuchten und dementsprechend in Vorversuchen, die auf ganz bestimmte Anwendungsfälle abgestimmt sind, zu bestimmenden Masterwerte A1 – A4, bzw. allgemein bis An, der Bondkeilamplitude  $a$  gemäß der Masterkurve A und der zu bestimmenden Masterwerte C1 – C4, bzw. allgemein bis Cn, der Drahtdeformation  $b$  gemäß der Masterkurve C, werden zweckmäßigerweise mit Hilfe eines entsprechend gestalteten Programmes ermittelt und abgespeichert. Beim Bondvorgang werden für jede einzelne Verbindung diese charakteristischen Werte zu den selben Zeitpunkten und in derselben Art von diesem Programm ermittelt. Durch den Auswerteteil dieses Programms werden dann online diese aktuell ermittelten Daten mit den entsprechenden Masterdaten verglichen und im Rahmen von jeweils vorgegebenen Toleranzen festgestellt, ob die Werte innerhalb der vorher bestimmten Grenzwerten liegen und ob der gewünschte Qualitätsstandard erreicht ist oder nicht.

[0034] Die Auswertung der ermittelten Messwerte der Prozesskurven erfolgt in ersten Linie auf die Güte und den vorgegebenen Qualitätsstandard der Verbindungen hin. Beim Auftreten von Abweichungen vom vorgegebenen Qualitätsstandard wird ein Signal zur Ausscheidung des entsprechenden Bauteils erzeugt.

[0035] Zusätzlich kann die Auswertung programmgemäß auch im Hinblick auf Verunreinigungen der Kontaktflächen, auf Schwankungen im Zustand des Substrats und auf Verschleiß des Bondwerkzeuges hin erfolgen. Es können daraus

resultierend hinweisende Signale zur Einleitung von Reinigungsprozessen oder zur Zuführung neuer Substrate oder zum Wechsel des Bondwerkzeuges generiert werden. Somit lassen sich auftretende Fehler in der Serienfertigung früher erkennen und ungewollte Ausfälle reduzieren.

[0036] Mit Hilfe des erfindungsgemäßen Verfahrens wird durch die besondere Auswahl und Ermittlung der Masterwerte  $A1 - A_n$  bzw.  $C1 - C_n$  und der zugehörigen Vergleichswerte  $B1 - B_n$  bzw.  $D1 - D_n$  die Messgenauigkeit wesentlich erhöhen, so dass mit wesentlich kleineren Eingangsgrößen gearbeitet werden kann und somit auch für Dünndrahtbondverbindungen eine sichere und zuverlässige zerstörungsfreie Überwachung der Güte der Verbindung und eine online mögliche Sicherung eines gewünschten Qualitätsstandards gegeben ist. Das erfindungsgemäße Verfahren ist für Keil-Keil- und Kugel-Keil-Ultraschalldrahtbonden geeignet und dabei insbesondere für das Bonden von dünnen Drähten mit einem Durchmesser von weniger als ca. 125  $\mu\text{m}$ , weil die besondere Wahl der Master- und Vergleichswerte der Bondprozessparameter Deformationsweg und Schwingungsverhalten des Bondkeils die Auswertmöglichkeiten auch bei kleinen Eingangssignalen wesentlich gesteigert sind.

#### Patentansprüche

1. Verfahren zum Prüfen von durch Ultraschall-Drahtbonden hergestellten Verbindungen, bei welchem als Bondprozessgrößen während des Bondvorganges der zeitliche Verlauf der Drahtdeformation (b) und der zeitliche Verlauf der Bondkeilamplitude (a) ermittelt und ausgewertet werden, um durch Vergleich mit vorgegebenen und gespeicherten Masterwerten die Festigkeit der Verbindung als maßgebende Größe für die Bondgüte zu ermitteln, **dadurch gekennzeichnet**, dass insbesondere zur on-line-Überwachung von Dünndraht-Verbindungen mit einem Drahtdurchmesser von in etwa  $< 125 \mu\text{m}$ , zum einen zur Festlegung der Masterwerte und zweier Masterkurvenverläufe (A, C) bis zu n Masterbondungen durchgeführt werden, wobei während jeder einzelnen Masterbondung der zeitliche Verlauf der Drahtdeformation (b) und der zeitliche Verlauf der Bondkeilamplitude (a) ermittelt und ausgewertet wird, um daraus die Masterwerte ( $A1 - A4$ ,  $A_n$ ;  $C1 - C4$ ,  $C_n$ ) zu bestimmen sowie die beiden Masterkurvenverläufe (A, C) selbst festzulegen, des weiteren für jeden einzelnen Masterwert ( $A1 - A4$ ,  $A_n$ ;  $C1 - C4$ ,  $C_n$ ) Grenzwerte in positiver und negativer Richtung festgelegt werden, zum anderen bei der on-line-Überwachung für jede einzelne Bondverbindung der Kurvenverlauf der Drahtdeformation (b) und der Bondkeilamplitude (a) aufgenommen wird und durch Vergleich überprüft wird, ob die den Masterwerten entsprechenden tatsächlichen Werte im Toleranzbereich der einzelnen zugeordneten Masterwerte liegen.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass bei der Bewertung der Bondprozessgrößen zumindest zwei, vorzugsweise vier, Kenngrößen bzw. Masterwerte ( $B1 - B4$  bzw. entsprechend  $A1 - A4$ ) für die Drahtdeformation (b) und zumindest zwei, vorzugsweise vier, Kenngrößen bzw. Masterwerte ( $D1 - D4$  bzw. entsprechend  $C1 - C4$ ) für die Bondkeilamplitude (a) verwendet werden.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass als einer der Messwerte ein Integralwert ( $A4$ ) der Bondkeilamplitude (a) in Form des Gesamtin-

tegrals vom Beginn ( $t_0$ ) bis zu einem bestimmten Zeitpunkt ( $t_n$ ), insbesondere kurz vor dem Ende des Bondvorganges vorgesehen ist.

4. Verfahren nach Anspruch 1, 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, dass als einer der Messwerte ein Integralwert ( $C4$ ) der Drahtdeformation (b) in Form des Gesamtintegrals der Abnahme der Drahtdicke vom Beginn ( $t_0$ ) bis zu einem bestimmten Zeitpunkt ( $t_n$ ), insbesondere kurz vor dem Ende des Bondvorganges vorgesehen ist.

5. Verfahren nach Anspruch 1, 2, 3 oder 4, dadurch gekennzeichnet, dass als Einzelwerte der Bondkeilamplitude (a) als erster Wert der Maximalwert ( $A1$ ), als zweiter Wert der Wert eines definierten prozentualen Abfalls ( $A_w$ ) vom Maximalwert ( $A1$ ) des abfallenden Kurvenastes der Bondkeilamplitude (a) und als dritter Wert der Wert ( $A3$ ) zu einem definierten Zeitpunkt ( $t_n$ ), insbesondere kurz vor dem Ende, des Bondvorganges ermittelt wird.

6. Verfahren nach Anspruch 5 dadurch gekennzeichnet, dass zum Auswerten der zeitliche Abstand zwischen Beginn ( $t_0$ ) des Bondvorganges und dem Wert ( $A_w$ ) des definierten prozentualen Abfalls vom Maximalwert ( $A1$ ) des abfallenden Kurvenastes der Bondkeilamplitudenkurve (a) als zweiter Wert ( $A2$ ) der Kenngrößen bzw. Masterwerte ermittelt wird.

7. Verfahren nach Anspruch 1 oder einem der Ansprüche 2-6, dadurch gekennzeichnet, dass als Einzelwerte der Drahtdeformation (b) als erster Wert ( $C1$ ) der Wert zum Zeitpunkt des Maximalwerts ( $A1$ ) der Bondkeilamplitude (a), als zweiter Wert der Wert ( $C2$ ) zum Zeitpunkt ( $t_f$ ) des definierten prozentualen Abfalls ( $A_w$ ) vom Maximalwert ( $A1$ ) des abfallenden Kurvenastes der Bondkeilamplitude (a) und als dritter Wert der Wert ( $C3$ ) zu einem definierten Zeitpunkt ( $t_n$ ), insbesondere kurz vor dem Ende des Bondvorganges ermittelt wird.

8. Verfahren nach einem der vorigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Auswertung der ermittelten Messwerte ( $B1 - B4$  entsprechend  $A1 - A4$ ;  $D1 - D4$  entsprechend  $C1 - C4$ ) der Prozesskurven (a, b) zusätzlich auch im Hinblick auf Verunreinigungen der Kontaktflächen, auf Schwankungen im Zustand des Substrats (12), auf Verschleiß des Bondwerkzeuges (16) hin erfolgt.

9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7 oder nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass bei Auftreten von Abweichungen vom vorgegebenen Qualitätsstandard ein Signal zur Ausscheidung des entsprechenden Bauteils erzeugt wird, oder dass hinweisende Signale zur Einleitung von Reinigungsprozessen oder zur Zuführung neuer Substrate oder zum Wechsel des Bondwerkzeuges generiert werden.

10. Verfahren nach einem der vorigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Verlauf der Drahtdeformation (b) während des Bondvorganges durch einen berührungslos arbeitenden Sensor erfasst wird.

11. Verfahren nach einem der vorigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Bondkeilamplitude (a) durch Erfassen der Stromaufnahme der Ultraschallvorrichtung ermittelt wird.

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

- Leerseite -

